



KOREAN PATENT ABSTRACTS

(11)Publication number: 1020010067380 A
 (43)Date of publication of application: 12.07.2001

(21)Application number: 1020000075938
 (22)Date of filing: 13.12.2000
 (30)Priority: 19.04.2000 US 00 552112
 15.12.1999 US 99 171015

(71)Applicant: SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD.
 (72)Inventor: SWITENG-YUAN

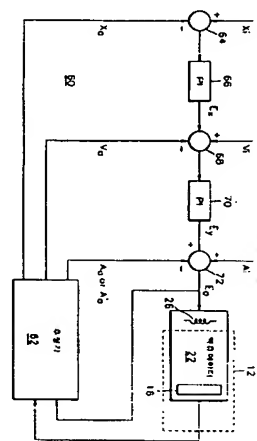
(51)Int. Cl. G11B 19/02

(54) GENERAL FOURIER SEEK METHOD AND APPARATUS FOR HARD DISK DRIVE SERVO MECHANISM

(57) Abstract:

PURPOSE: A general fourier seek method and apparatus for hard disk drive servo mechanism is provided to shorten seek time and to reduce acoustic noise by designing so that a transducer of a hard disk drive has a general fourier seek acceleration feedback.

CONSTITUTION: A disk(12) has a surface. A spindle motor rotates the disk(12). A transducer(16) records information in the disk(12) and reads information from the disk(12). An actuator arm transfers the transducer(16) crossing the surface of the disk(12). A controller(42) controls the actuator to transfer the transducer(16) across the disk surface using general fourier series seek acceleration feedback having at least two articles. A servo control system(60) is composed of hardware and software to be executed by a controller(42). The servo control system(60) makes the transducer(16) be positioned correctly at a target track of the disk(12). The controller executes a seek routine which transfers the transducer(16) from the first track to new track to be positioned X_{sk} apart from the first track. A gray code of one or more than one track to be positioned between new track and the first track is read by the transducer(16) moving across the disk(12). The controller(42) is allowed to decide periodically that the transducer(16) is moved with a target speed and acceleration across the track.



COPYRIGHT 2001 KIPO

Legal Status

Date of final disposal of an application (20030722)

Patent registration number (1003968840000)

Date of registration (20030822)

Best Available Copy

공개특허 제2001-67380호(2001.07.12) 1부.

[첨부그림 1]

특 2001-0067380

(19) 대한민국특허청(KR) (12) 공개특허공보(A)

(51) Int. Cl.⁷
G11B 19/02

(11) 공개번호 특2001-0067380
(43) 공개일자 2001년07월12일

(21) 출원번호	10-2000-0075938
(22) 출원일자	2000년12월13일
(30) 우선권주장	60/171,015 1999년12월15일 미국(US) 09/552,112 2000년04월19일 미국(US)
(71) 출원인	삼성전자 주식회사 윤중용 경기 수원시 팔달구 매탄3동 416
(72) 발명자	쉬헝-유안 미합중국, 1197벨리케일새를산호세캘리포니아95120
(74) 대리인	이영필, 최홍수, 이해영

심사청구 : 있음

(54) 하드 디스크 드라이브 서보 메카니즘을 위한 일반 푸리에시크 방법 및 장치

요약

본 발명은 변환기가 일반 푸리에 급수 시크 가속도 궤적을 갖도록 변환기를 디스크 표면을 가로질러 이동시키기 위한 방법 및 장치에 관한 것이다.

일 실시 예로서, 일반 푸리에 급수 시크 가속도 궤적은 실험적으로 결정된 조율된 계수들을 포함한다. 일반 푸리에 급수 시크 궤적은 향상된 성능 및 견실한 하드 디스크 드라이브 서보메카니즘을 제공하여 결과적으로 시크 시간을 단축시킨다. 추가적으로, 하드 디스크 드라이브는 외란의 영향을 보다 적게 받고, 시크 실행에 의하여 발생하는 청각적인 노이즈가 줄어들게 된다. 일 실시 예로서, 가속 및 감속 지속 구간을 짧게 한다. 다른 실시 예로서, 가속 및 감속 지속 구간을 다르게 하면 기계적인 구성요소들의 잔류 진동을 감소시키는데 보다 적합하여 시크 시간을 보다 효과적으로 줄일 수 있다.

도표도

도3

양세서

도면의 간단한 설명

도 1은 본 발명의 하드 디스크 드라이브의 구성의 평면도이다.

도 2는 하드 디스크 드라이브를 제어하는 전기 시스템의 회로도이다.

도 3은 디스크 드라이브의 서보 제어 시스템의 회로도이다.

도 4는 뱅-뱅 방법, 사인 곡선 시크 방법 및 본 발명의 일반 푸리에 시크에 대한 가속도 궤도이다.

도 5a-5c는 표 1의 조율된 계수를 이용한 2항의 일반 푸리에 시크 방법의 가속도, 속도 및 위치 궤적의 그래프를 도시한 것이다.

도 6a-6c는 표 1의 조율된 계수를 이용한 3항의 일반 푸리에 시크 방법의 가속도, 속도 및 위치 궤적의 그래프를 도시한 것이다.

도 7a-7c는 ξ 는 0.45를 갖는 확장된 알고리즘을 이용하는 2항의 일반 푸리에 시크 방법의 가속도, 속도 및 위치 궤적의 그래프를 도시한 것이다.

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 일반적인 디스크 드라이브에 관한 것으로서, 특히 하드 디스크 드라이브 서보 메카니즘의 성능 및 견고함을 개선시키기 위한 방법, 장치 및 컴퓨터 판독 가능한 프로그램 코드에 관한 것이다.

하드 디스크 드라이브는 회전하는 단일 또는 복수의 디스크 각각의 자계를 감지하고 자화시킴으로써 정보를 기록하고 읽을 수 있는 복수의 자기 변환기(magnetic transducer)들을 포함하고 있다. 이 정보는 환상

트랙 내에 위치한 복수의 섹터를 내에 저장된다. 디스크의 각 표면을 가로질러 위치한 트랙 번호가 있다. 수직적으로 유사한 트랙들의 번호는 때로는 실린더(cylinder)라 칭한다. 그러므로 각 트랙은 실린더 번호에 의하여 정의되기도 한다.

각 변환기(transducer)는 전형적으로 헤드 짐벌 어셈블리(HGA: Head Gimbal Assembly)에 편입되어 있는 슬라이더 내에 통합되어 있다. 각 헤드 짐벌 어셈블리는 액츄에이터 암에 부착되어 있다. 액츄에이터 암은 보이스 코일(voice coil) 모터를 함께 움직이는 마그네틱 어셈블리에 인접되게 위치한 보이스 코일을 갖고 있다. 하드 디스크 드라이브는 전형적으로 보이스 코일 모터를 여기시키는 전류를 공급하는 구동 회로 및 컨트롤러를 포함하고 있다. 여기된 보이스 코일 모터는 액츄에이터 암을 회전시켜 변환기들을 디스크(들)의 표면을 가로질러 이동시킨다.

정보를 기록하거나 또는 읽을 때, 하드 디스크 드라이브는 변환기를 한 실린더에서 다른 실린더로 이동시키기 위한 시크 루틴을 실행할 가능성이 있다. 시크 루틴 도중에 보이스 코일 모터는 변환기들을 디스크 표면에서 새로운 실린더 위치로 이동시키는 전류에 의하여 여기된다. 컨트롤러는 또한 변환기가 정확한 실린더 위치 및 트랙의 중앙으로 이동시키는 것을 보증하는 서보 루틴을 실행한다.

많은 디스크 드라이브들은 변환기를 가장 짧은 시간에 정확한 위치로 이동시키기 위하여 뱅-뱅(bang-bang) 제어 알고리즘을 이용한다. 뱅-뱅 제어 이론을 사용하는 시크 루틴을 위한 전류 파형의 모양은 전형적으로 사각형이다. 불행하게도, 구형파는 높은 주파수 성분의 고조파를 포함하고 있는데, 이는 헤드 짐벌 어셈블리에서 기계적인 공진을 초래해서 높은 자연 주파수로 기계적인 구성요소 또는 어셈블리들을 여기시킨다. 이는 잔여 진동으로 인하여 청각적인 노이즈, 원하지 않는 진동 및 이와 관련된 안정 시간을 초래하였다. 종래의 기술의 구형파에 의하여 생성된 기계적인 공진은 디스크로부터 정보를 기록하거나 또는 읽기 위하여 필요한 안정 및 전체 시간 모두를 증가시키는 문제점이 있었다.

디스크(들)로부터 정보를 읽거나 기록하는데 필요한 시간의 양을 최소화시키는 것이 바람직하다. 그러므로, 드라이브에 의하여 실행되는 시크 루틴은 변환기들을 가장 짧은 시간 내에 새로운 실린더 위치로 이동시켜야 한다. 추가적으로, 헤드 짐벌 어셈블리의 안정 시간은 변환기가 빠르게 정보를 기록하거나 또는 읽을 수 있고, 한번에 새로운 실린더에 인접되게 위치하도록 하기 위하여 최소화되어야 한다.

다른 시크 기술은 본 발명의 양수인에게 양도된 1998년 10월 7일에 미국에 함께 출원되어 심사중인 출원 번호 09/167,884의 "METHOD AND APPARATUS FOR REDUCING ACOUSTIC NOISE IN A HARD DISK DRIVE"에 기술되어 있다. 심사중인 출원에는 시크하는 중에 발생하는 청각적인 노이즈를 줄이는 사인파형의 시크 방법이 기술되어 있다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

본 발명이 이루고자하는 기술적 과제는 상술한 문제점을 해결하기 위하여 하드 디스크 드라이브의 변환기가 일반 푸리에 급수 시크 가속도 제어를 갖도록 설계하여 시크 시간의 단축 및 시크 모드 실행시에 발생하는 기계적인 진동 등의 성능을 개선하여 안정된 서보 메커니즘을 실행시키기 위한 방법, 장치 및 컴퓨터 판독 가능한 프로그램 코드를 제공하는데 있다.

발명의 구성 및 작용

상기 기술적 과제를 달성하기 위하여 본 발명에 의한 하드 디스크 드라이브는 표면을 갖는 디스크, 상기 디스크를 회전시키는 스피너 모터, 상기 디스크에 정보를 기록하고 상기 디스크로부터 정보를 읽어낼 수 있는 변환기, 상기 변환기를 상기 디스크의 표면을 가로질러 이동시킬 수 있는 액츄에이터 암 및 적어도 2항을 갖는 일반 푸리에 급수 시크 가속도 제어를 이용하여 상기 변환기를 상기 디스크 표면을 가로질러 이동시키도록 상기 액츄에이터를 제어하는 컨트롤러를 포함함을 특징으로 한다.

상기 다른 기술적 과제를 달성하기 위하여 본 발명에 의한 시크 제어 방법은 하나 또는 그 이상의 조율된 계수들을 갖는 일반 푸리에 급수 시크 가속도 제력에 따라서 변환기를 디스크 표면을 가로질러 이동시키는 특징으로 한다.

상기 또 다른 기술적 과제를 달성하기 위하여 본 발명에 의한 시크 제어 프로그램 제품은 적어도 2개의 함수를 갖는 일반 푸리에 급수 시크 가속도 제력에 따라서 상기 변환기를 디스크 표면을 가로질러 이동시키기 위하여 상기 변환기에 결합된 액츄에이터 암을 여기시키도록 구현된 컴퓨터 프로그램 코드를 갖는 컴퓨터 판독 가능 매체를 포함함을 특징으로 한다.

본 발명은 실험적으로 결정된 하나 또는 그 이상의 조율된 계수들을 포함하는 일반 푸리에 급수 시크에 의한 일반 푸리에 급수 시크 가속도 제력을 이용하여 디스크 표면을 횡단하는 변환기를 이동시키는 하드 디스크 드라이브를 포함한다. 일반 푸리에 급수 시크 제력은 가속 모드 및 감속 모드를 포함하고 있다.

변환기는 헤드 짐벌 어셈블리(HGA: Head Gimbal Assembly)에 편입되어 있는 슬라이더 내에 통합되어 있다. 헤드 짐벌 어셈블리는 디스크 표면을 변환기를 움직일 수 있는 액츄에이터 암에 설치되어 있다. 액츄에이터 암과 변환기의 움직임은 컨트롤러에 의하여 제어된다. 컨트롤러는 시크 루틴 및 서보 컨트롤 루틴에 따라서 변환기를 현재 트랙으로부터 새로운 트랙으로 이동시킨다.

시크 루틴 동안에 컨트롤러는 일반 푸리에 급수 시크 가속도 제력에 따라서 변환기를 이동시킨다. 일 실시 예에서, 가속도 제력은 가속 모드, 코오스트(coast) 모드 및 감속 모드로 나누어져 있다. 가속 및 감속 모드에서, 일반 푸리에 시크 가속 제력은 LMSE 기술을 사용하여 결정된 하나 또는 그 이상의 계수들이 사용되어 진다. 코오스트 모드에서는 LMSE 기술이 사용되지 않는다.

이 제력은 종래 기술의 구형파에서 발견된 높은 고조파를 감소시키고, 기계적인 공진 및 이로 인한 헤드 짐벌 어셈블리의 청각적인 노이즈를 최소화시킨다. 헤드 짐벌 어셈블리의 청각적인 노이즈의 감소는 시크 루틴의 존속 시간을 감소시키기 위한 변환기의 안정 시간을 줄이게 한다. 청각적인 노이즈의 감소는 또한 변환기를 디스크의 원하는 트랙에 관련된 정확한 위치로 놓이도록 한다. 일 실시 예로서, 가속 모드와 감속

속 모드의 존속 기간을 짧게한다. 다른 실시 예로서, 한층 더 기계적인 잔류 진동을 감소시키고, 시크 시간을 감소시키는데 유익하도록 가속 모드와 감속 모드의 존속 시간을 짧게한다.

참조부호에 의하여 보다 세부화된 도 1은 하드 디스크 드라이브(10)의 구성을 보여준다. 드라이브(10)는 스피들 모터(14)에 의하여 회전되는 적어도 하나의 자기 디스크(12)를 포함하고 있다. 드라이브(10)는 디스크 표면(18)에 인접하게 위치한 변환기(16)를 또한 포함하고 있다.

변환기(16)는 각각의 디스크(12)의 자계를 감지하고 자화시킴으로써 회전하는 디스크(12)에서 정보를 읽거나 기록할 수 있다. 전형적으로 변환기(16)는 각 디스크 표면(18)에 결합되어 있다. 비록 단일의 변환기(16)로 도시되어 설명되어 있지만, 이는 디스크(12)를 자화시키기 위한 기록용 변환기와 디스크(12)의 자계를 감지하기 위한 분리된 읽기를 변환기로 이루어져 있다고 이해되어야 한다. 읽기를 변환기는 자기 저항(MR : Magneto-Resistive) 소자로부터 구성되어 진다.

변환기(16)는 슬라이더(20)에 통합되어 질 수 있다. 슬라이더(20)는 변환기(16)와 디스크 표면(18)사이에서 공기 베어링(air bearing)을 생성시키는 구조로 되어 있다. 슬라이더(20)는 헤드 집합 어셈블리(22)에 결합되어 있다. 헤드 집합 어셈블리(22)는 보이스 코일(26)을 갖는 액추에이터 암(24)에 부착되어 있다. 보이스 코일(26)은 보이스 코일 모터(VCM : Voice Coil Motor 30)를 특징하는 마그네틱 어셈블리(28)에 인접하게 위치하고 있다. 보이스 코일(26)에 공급되는 전류는 베어링 어셈블리(32)에 대하여 액추에이터 암(24)을 회전시키는 토크를 발생시킨다. 액추에이터 암(24)의 회전은 디스크 표면(18)을 가로질러 변환기(16)를 이동시킬 것이다.

정보는 전형적으로 디스크(12)의 환상 트랙내에 저장된다. 각 트랙(34)는 일반적으로 복수의 섹터를 포함하고 있다. 각 섹터는 데이터 필드(data field)와 식별 필드(identification field)를 포함하고 있다. 식별 필드는 섹터 및 트랙(슬린더)을 식별하는 그레이 코드(Gray code)로 구성되어 있다. 변환기(16)는 다른 트랙에 있는 정보를 읽거나 기록하기 위하여 디스크 표면(18)을 가로질러 이동된다.

도 2는 하드 디스크 드라이브(10)를 제어할 수 있는 전기 시스템(40)을 보여준다. 시스템(40)은 리드/라이트(R/W) 채널 회로(44) 및 프리-앰프 회로(46)에 의하여 변환기(16)에 결합된 콘트롤러(42)를 포함하고 있다. 콘트롤러(42)는 디지털 신호 프로세서(DSP : Digital Signal Processor), 마이크로프로세서, 마이크로컨트롤러 등이 된다. 콘트롤러(42)는 디스크(12)로부터 읽거나 또는 디스크(12)에 정보를 기록하기 위하여 읽기/쓰기 채널(44)로 제어신호를 공급한다. 정보는 전형적으로 R/W 채널로부터 호스트 인터페이스 회로(46)로 전송된다. 호스트 인터페이스 회로(46)는 퍼스널 컴퓨터와 같은 시스템에 인터페이스하기 위하여 디스크 드라이브를 허용하는 버퍼 메모리 및 제어 회로를 포함하고 있다.

콘트롤러(42)는 보이스 코일(26)에 구동 전류를 공급하는 VCM 구동 회로(48)에 또한 결합되어 있다. 콘트롤러(42)는 VCM의 여기 및 변환기(16)의 움직임을 제어하기 위하여 구동 회로(48)로 제어신호를 공급한다.

콘트롤러(42)는 읽기 전용 메모리(ROM : Read Only Memory) 또는 플래시 메모리 소자(50)와 같은 비휘발성 메모리 및 랜덤 액세스 메모리(RAM : Random Access Memory) 소자(52)에 결합되어 있다. 메모리 소자(50, 52)는 소프트웨어 루틴을 실행시키기 위하여 콘트롤러(42)에 의하여 사용되어지는 명령어 및 데이터를 포함하고 있다. 소프트웨어 루틴의 하나로서 한 트랙에서 다른 트랙으로 변환기(16)를 이동시키는 시크 루틴이 있다. 시크 루틴은 변환기(16)를 정확한 트랙으로 이동시키는 것을 보장하기 위한 서브 제어 루틴을 포함하고 있다. 일 실시 예로서, 메모리 소자(50)는 본 발명의 가속도, 속도 및 위치 계측 방법들을 포함하고 있으며, 아래에 기술한 바와 같이, 구동개시 시에 메모리 소자(52)에 이러한 방정식들이 저장된다.

도 3은 콘트롤러(42)에 의하여 실행되는 하드웨어 및 소프트웨어로 구성된 서보 제어 시스템(60)을 보여준다. 서보 제어 시스템(60)은 변환기(16)가 디스크(12)의 목표 트랙에 정확히 위치하도록 한다. 콘트롤러(42)는 변환기를 첫번째 트랙에서 첫번째 트랙으로부터 거리 X_0 에 위치한 새로운 트랙으로 이동시키는 시크 루틴을 실행한다. 새로운 트랙과 첫번째 트랙 사이에 위치한 하나 또는 그 이상의 트랙의 그레이 코드는 디스크(16)를 가로질러 움직이는 변환기로 읽어낸다. 이는 변환기(16)가 트랙을 가로질러 목표 속도 및 가속도로 움직이는지를 주기적으로 콘트롤러(42)가 결정하는 것을 허용한다.

제어 시스템(60)은 소프트웨어 및 하드웨어로 구성된 추정기(62)를 포함한다. 추정기(62)는 변환기(16)가 제1 번째 트랙으로부터 이동되는 실제 거리 또는 위치 X_s 를 결정할 수 있다. 위치는 변환기(16) 바로 밑의 트랙의 그레이 코드를 읽어냄으로써 결정되어 질 수 있다. 추정기(62)는 또한 변환기(16)의 실제 속도 V_s 및 실제 가속도 A_s 를 결정할 수 있다. 콘트롤러(42)가 서보 콘트롤(60)로 변환기(16)의 움직임을 정확하게 할 수 있도록 하기 위하여 변환기(16)가 새로운 트랙 위치로 움직임으로써 그레이 코드는 주기적으로 샘플링되어 질 수 있다.

콘트롤러(42)는 변환기가 트랙(34)의 그레이 코드를 읽어낼 때마다 변환기(16)의 설계 위치 X_1 , 설계 속도 V_1 및 설계 가속도 A_1 를 계산한다. 콘트롤러(42)는 합산 점합점(64)에서 설계 위치 X_1 와 실제 위치 X_s 의 차를 연산한다. 블록 66에서 콘트롤러(42)는 비례적인 플러스 적분 제어 알고리즘과 합산 점합점(64)의 출력을 가지고 위치 정정 값 E_1 를 계산한다.

합산 점합점(68)에서 설계 속도 V_1 와 위치 정정 값 E_1 의 합에서 실제 속도 V_s 를 감소한다. 블록 70에서 콘트롤러(42)는 비례적인 플러스 적분 제어 알고리즘과 합산 점합점(68)의 출력을 가지고 속도 정정 값 E_2 를 계산한다.

가속도 정정 값 E_2 는 합산 점합점(72)에서 설계 가속도 A_1 와 속도 정정 값 E_2 의 합으로부터 실제 가속도 A_s 를 감소함으로써 계산되어진다. 가속도 정정 값 E_2 는 보이스 코일(26)에 공급되는 전류를 증가시키거나 또는 감소시키는데 사용되며 또한 변환기(16)의 움직임을 변경시키는데 사용된다.

가속도 일정 값 E 는 또한 피드포워드(feedforward) 가속도 값 A' 를 생성시키기 위하여 추정기(62)에 공급된다. 피드포워드 가속도 값 A' 는 피드포워드 제어 루프를 제공하기 위하여 합산 집합점(72)에 공급되어 질 수 있다.

각각의 합산 집합점(72, 68 및 64)에서 제공되는 설계 가속도, 속도 및 위치 파형은 아래에 기술되어져 있다.

표준 푸리에 급수에서 유한 합에서 함수의 수는 결과 함수에서 진동 패턴을 최소화시키기 위하여 충분히 커야 한다. 유한 합이 매우 큰 수를 포함할지라도 결과 곡선은 여전히 불연속 점 근처에서 진동되는 것을 보여준다. 단지 소수의 항이 사용되어 질 때, 진동의 크기의 변화는 매우 크며, 불연속 점에서 한정되어 지지 않는다. 이러한 잘 알려진 푸리에 급수의 현상을 깁스(Gibbs) 현상이라 불리워진다.

본 발명에 의한 시크 알고리즘은 사인 함수의 유한 개수를 갖는 일반 푸리에 급수를 사용하지만, 종래의 푸리에 급수로부터 추출된 상수 계수들을 대체하는 조율된 계수들을 사용한다. 일 실시 예로서, 조율된 계수들은 적절하게 반응하는 일반 푸리에 시크 계적들을 제공하기 위하여 실험적으로 결정되어 진다. 시크를 위하여 본 발명의 가속도 계적은 수학식 1과 같다.

$$a(t) = aK_T J_M \left[\sin\left(\frac{2\pi}{T_{SK}} t\right) + \frac{F_3}{T_{SK}} \sin\left(\frac{2\pi}{T_{SK}} 3t\right) + \frac{F_5}{T_{SK}} \sin\left(\frac{2\pi}{T_{SK}} 5t\right) \right]$$

여기에서,

K_T = 가속도 상수,

I_M = 보이스 코일에 공급되는 최대 전류

T_{SK} = 한 트랙으로부터 다른 트랙으로 이동하는데 필요한 시크 시간

F_3 및 F_5 는 실험적으로 결정된 조율된 계수

상수 파라미터 a 는 정규화 상수로서, 수학식 2와 같이 정의된다.

$$a = \left\{ 0.4 \left(\frac{M_{SK}}{T_{SK}} \left[\sin\left(\frac{2\pi}{T_{SK}} t\right) + \frac{F_3}{3} \sin\left(\frac{2\pi}{T_{SK}} 3t\right) + \frac{F_5}{5} \sin\left(\frac{2\pi}{T_{SK}} 5t\right) \right] \right)^2 \right\}^{-1}$$

가속도 계적은 어떠한 합이 개수(예를들어, 2, 4, 등)를 포함하여도 무방한데도 불구하고, 가속도 계적 방정식인 수학식 1은 3개 항을 포함하고 있다.

속도 계적 방정식과 위치 계적 방정식은 가속도 계적 방정식(수학식 1)과 속도 계적 방정식 각각의 적분에 의하여 수학식 3 및 수학식 4와 같이 얻을 수 있다.

$$v(t) = aK_T J_M \frac{T_{SK}}{2\pi} \left\{ \left[1 - \cos\left(\frac{2\pi}{T_{SK}} t\right) \right] + \frac{F_3}{3^2} \left[1 - \cos\left(\frac{2\pi}{T_{SK}} 3t\right) \right] + \frac{F_5}{5^2} \left[1 - \cos\left(\frac{2\pi}{T_{SK}} 5t\right) \right] \right\}$$

$$x(t) = aK_T J_M \frac{T_{SK}}{2\pi} \left\{ \left[t - \frac{T_{SK}}{2\pi} \sin\left(\frac{2\pi}{T_{SK}} t\right) \right] + \frac{F_3}{3^2} \left[t - \frac{T_{SK}}{6\pi} \sin\left(\frac{2\pi}{T_{SK}} 3t\right) \right] + \dots \right. \\ \left. \frac{F_5}{5^2} \left[t - \frac{T_{SK}}{10\pi} \sin\left(\frac{2\pi}{T_{SK}} 5t\right) \right] \right\}$$

디스크 드라이브가 동작할 때, 디스크 드라이브는 정보를 저장하거나 또는 읽어들이는 명령어를 수신받는다. 명령어는 시크 루틴에 따라서 변환기를 어떤 트랙으로부터 다른 트랙으로 이동시키는 것을 요구한다. 시크 루틴 동안에, 새로운 트랙과 첫번째 트랙으로부터 새로운 트랙까지의 거리(시크 거리 X_{sk})는 컨트롤러(42)에 의하여 결정될 수 있다. 시크 시간 T_{sk} 는 가속도, 속도 및 위치 계적 방정식(수학식 1,3,4)을 계산하기 전에 초기에 계산되어 진다. T_{sk} 및 X_{sk} 사이의 관계는 수학식 5에 표현된 바와 같이 $t=T_{sk}$ 로 설정함으로써 수학식 4로부터 얻어질 수 있다.

$$X_{SK} = \frac{\beta}{2\pi} K_T J_M T_{SK}^2$$

여기에서, β 및 γ 는 수학식 6, 7과 같다.

$$\beta = \alpha \gamma$$

$$\gamma = 1 + \frac{F_3}{3^2} + \frac{F_5}{5^2}$$

T_{sk} 를 구하기 위하여 수학적 5는 다음과 같이 된다.

$$T_{sk} = \frac{1}{\sqrt{\beta}} \sqrt{\frac{2\pi X_{sk}}{K_f T_M}}$$

그러므로, 시크 시간은 시크 길이의 제곱근에 비례한다. 파라미터 β 는 1과 같거나 또는 1보다 큰 값을 갖는다. 속도 제적 방정식(수학적 3)을 근거로 하여, 시크를 위한 최대 속도는 $t = T_{sk}/2$ 일 때 수학적 9와 같이 얻어진다.

$$V_{max} = 2\alpha \gamma \left(\frac{1}{2\pi} K_f T_M T_{sk} \right)$$

수학적 9에서 최대 속도는 시크 시간의 함수임을 나타낸다.

서보 루틴 동안에, 시스템은 변환기가 한 트랙으로부터 다른 트랙으로 이동함으로써 변환기의 위치 차, 속도 및 가속도와 관련된 샘플의 수를 취한다. 도 3에 도시된 바와 같이 서보 제어의 합산 집합점들에서 설계 값들로부터 실제 값들을 감산하기 위하여 그레이 코드의 샘플링에 상응하는 제적 방정식들을 선정하는 것이 바람직하다.

제적 방정식을 선정하기 위하여 수학적 1, 3, 4는 샘플 도메인(n)으로 변환되어지고, 수학적 8은 크기 항이 대체되고, T_{sk} 는 수학적 10, 11, 12와 같은 방정식을 발생시키기 위하여 N_{sk} 로 설정된다.

$$a(n) = \frac{2\pi X_{sk}}{\gamma N_{sk} T_s} \left[\sin\left(\frac{2\pi}{N_{sk}} n\right) + \frac{F_3}{3} \sin\left(\frac{2\pi}{N_{sk}} 3n\right) + \frac{F_5}{5} \sin\left(\frac{2\pi}{N_{sk}} 5n\right) \right]$$

$$v(n) = \frac{X_{sk}}{\gamma N_{sk} T_s} \left\{ \left[1 - \cos\left(\frac{2\pi}{N_{sk}} n\right) \right] + \frac{F_3}{3^2} \left[1 - \cos\left(\frac{2\pi}{N_{sk}} 3n\right) \right] + \frac{F_5}{5^2} \left[1 - \cos\left(\frac{2\pi}{N_{sk}} 5n\right) \right] \right\}$$

$$x(n) = \frac{X_{sk}}{\gamma N_{sk} T_s} \left\{ \left[nT_s - \frac{N_{sk} T_s}{2\pi} \sin\left(\frac{2\pi}{N_{sk}} n\right) \right] + \frac{F_3}{3^2} \left[nT_s - \frac{N_{sk} T_s}{6\pi} \sin\left(\frac{2\pi}{N_{sk}} 3n\right) \right] + \dots \right. \\ \left. \frac{F_5}{5^2} \left[nT_s - \frac{N_{sk} T_s}{10\pi} \sin\left(\frac{2\pi}{N_{sk}} 5n\right) \right] \right\}$$

여기에서,

T_s = 디지털 서보를 위한 샘플링 시간

N_{sk} = 샘플링의 총 수

n = 샘플링 수

도 4는 심사중인 출원(미국 출원번호 09/167,884)에 기술된 병-병 방법, 사인 곡선 방법 및 본 발명의 일반 푸리에 시크 방법에 대한 가속도 제적의 그래프를 보여준다.

도면에 도시된 바와 같이, 일반 푸리에 시크 방법은 사인 곡선 시크 방법보다 빠른 상승 및 하강시간을 제공한다. 추가적으로, 톨 및 보텀 위치에서 일반 푸리에 시크 방법의 제적도는 어떠한 진동도 없이 평평하고 완만하다. 결론적으로 일반 푸리에 시크 방법은 보다 뛰어난 성능 및 유연성을 제공한다.

디스크 드라이브 응용에 있어서, 헤드 속도는 그레이 코드를 정확히 읽는 것을 보장하기 위하여 설계 최대값 V_{max} 를 초과하지 않는다. 읽기/쓰기 헤드의 실제 속도가 최대 설계 속도에 근접할 때, 보이스 코일 모터로 입력되는 전류는 감소된다. 시크를 위한 조악한 모델에서, 시크는 전형적으로 중간 시크를 줄이기 위한 가속 모드 및 감속 모드를 포함하고 있으며, 또한 액츄에이터가 일정 최대 설계 속도로 이동 중일 때 긴(long) 시크를 위한 추가적인 코우스트(coast) 모드를 포함하고 있다.

다음 방정식에서, 어깨 숫자 M 은 코우스트 모드(전류 입력이 0(zero)이고, 속도가 최대 설계 값으로 설정

탐(배)를 배제한 가속 모드 및 감속 모드를 위한 시크 구간을 표시하는데 사용된다. 수학적 5, 9를 이용하며 최대 속도의 항에서 시크 시간 및 시크 길이는 다음과 같다.

$$T_{SK}^M = \frac{\pi V_{MAX}}{\alpha \pi K_f J_M}$$

$$X_{SK}^M = \frac{\pi}{2 \alpha \pi K_f J_M} V_{MAX}^2$$

코오스트 모드에 대한 시크 길이 및 시크 시간의 표현은 다음과 같다.

$$X_{CST} = X_{SK} - X_{SK}^M$$

$$T_{CST} = \frac{X_{CST}}{V_{MAX}} = \frac{X_{SK} - X_{SK}^M}{V_{MAX}}$$

가속 모드의 지속 구간이 감속 모드에 대한 지속 구간과 같은 시크 제어에 대한 특별한 경우에 있어서, 가속 모드 및 감속 모드에 대한 시크 길이는 다음과 같다.

$$X_{ACC} = \frac{X_{SK} - X_{CST}}{2}$$

$$X_{DESC} = X_{SK} - X_{ACC} - X_{CST}$$

결론적으로, 디지털 신호 처리 실행을 위한 코오스트 모드를 포함하는 일반화된 개별적인 궤적 방정식들은 다음과 같다.

$$u(n) = \frac{4X_{DESC}}{\pi N_{SK}^M T_s} \left\{ \begin{aligned} &\sin \left[\frac{2\pi}{N_{SK}^M} (n - N_{CST}) \right] + \frac{F_3}{3} \sin \left[\frac{2\pi}{N_{SK}^M} 3(n - N_{CST}) \right] + \dots \\ &\frac{F_5}{5} \sin \left[\frac{2\pi}{N_{SK}^M} 5(n - N_{CST}) \right] \end{aligned} \right\}$$

$$v(n) = \frac{2X_{DESC}}{\pi N_{SK}^M T_s} \left\{ \begin{aligned} &\left[1 - \cos \left(\frac{2\pi}{N_{SK}^M} (n - N_{CST}) \right) \right] + \frac{F_3}{3} \left[1 - \cos \left(\frac{2\pi}{N_{SK}^M} 3(n - N_{CST}) \right) \right] + \dots \\ &\frac{F_5}{5} \left[1 - \cos \left(\frac{2\pi}{N_{SK}^M} 5(n - N_{CST}) \right) \right] \end{aligned} \right\}$$

$$x(n) = X_{ACC} + X_{CST} + \frac{2X_{DESC}}{N_{SK}^M} (X_{1n} + X_{2n} + X_{3n})$$

여기에서, X_{1n} , X_{2n} , X_{3n} 은 각각 다음과 같다.

$$X_{1n} = \left\{ \left(n - N_{CST} - \frac{N_{SK}^M}{2} \right) - \frac{N_{SK}^M}{2\pi} \sin \left[\frac{2\pi}{N_{SK}^M} (n - N_{CST}) \right] \right\}$$

$$X_{2n} = \frac{F_3}{3} \left\{ \left(n - N_{CST} - \frac{N_{SK}^M}{2} \right) - \frac{N_{SK}^M}{6\pi} \sin \left[\frac{2\pi}{N_{SK}^M} 3(n - N_{CST}) \right] \right\}$$

$$X_{2n} = \frac{F_s}{5^2} \left\{ (n - N_{\text{ctrl}}) \frac{N_{\text{sk}}}{2} - \frac{N_{\text{sk}}}{10^2} \sin \left[\frac{2\pi}{N_{\text{sk}}} 5(n - N_{\text{ctrl}}) \right] \right\}$$

그리고, N 은 1부터 시작한다.

서보 루틴 동안에 컨트롤러는 첫번째 샘플 시간에서 변환기의 설계 위치, 설계 속도 및 설계 가속도를 계산하여 설계 위치, 속도 및 가속도 값을 결정하며, 그리고 나서 도 3에 도시된 제어 루프에 따라서 데이터를 처리한다. 두번째, 세번째, 등의 샘플이 취해지고, 프로세서는 변환기의 움직임을 제어하는 서보 루틴을 공급하는 것을 반복한다.

그러면, 디지털 신호 프로세서 실행에 대하여 설명하기로 한다.

위에서 설명한 바와 같이, 주어진 시크 길이, 요구되는 시크 시간은 시크 길이의 제곱근에 비례한다. 디지털 신호 프로세서에서 제곱근의 실행은 복잡하다. 시크 시간 및 시크 길이 계산을 단순화시키기 위하여 컨트롤러는 $t=0$ 및 $t=T_{\text{sk}}$ 사이에서 샘플링 포인트의 수 N 을 발생시킴으로써 T_{sk} 및 X_{sk} 를 계산할 수 있고, 메모리(예를 들어 비휘발성 메모리)에 이 값을 저장시킨다. 메모리에 저장되지 않은 어떠한 임의의 시크 길이에 대한 시크 시간은 다음과 같은 방정식을 이용하여 선형 보간을 이용하여 구해낼 수 있다.

$$T_{\text{sk}} - T_{\text{sk}}^j + \frac{T_{\text{sk}}^{j+1} - T_{\text{sk}}^j}{X_{\text{sk}}^{j+1} - X_{\text{sk}}^j} (X_{\text{sk}} - X_{\text{sk}}^j)$$

이러한 시크-시간 대 시크-길이 곡선에서, 계산되어 메모리에 저장된 포인트의 수는 시크 길이를 풀이기 위하여 밀도가 높아야 한다. 메모리의 사용을 최소화하기 위하여 사용되는 2개의 잘 알려진 삼각 함수식은 다음과 같다.

$$\cos\left(\frac{2\pi}{N_{\text{sk}}}(n+1)\right) = \cos\left(\frac{2\pi}{N_{\text{sk}}}\right)\cos\left(\frac{2\pi}{N_{\text{sk}}}n\right) - \sin\left(\frac{2\pi}{N_{\text{sk}}}\right)\sin\left(\frac{2\pi}{N_{\text{sk}}}n\right)$$

$$\sin\left(\frac{2\pi}{N_{\text{sk}}}(n+1)\right) = \sin\left(\frac{2\pi}{N_{\text{sk}}}\right)\cos\left(\frac{2\pi}{N_{\text{sk}}}n\right) - \cos\left(\frac{2\pi}{N_{\text{sk}}}\right)\sin\left(\frac{2\pi}{N_{\text{sk}}}n\right)$$

수학식 24, 25를 이용하여 두 메모리 위치는 각각의 시크 길이를 위하여 사용되어 진다. 즉, 다음과 같다.

$$\left(\sin\left(\frac{2\pi}{N_{\text{sk}}}\right), \cos\left(\frac{2\pi}{N_{\text{sk}}}\right) \right)$$

제한된 시크 길이를 초과하는 시크 길이에 대하여 사인 함수는 거의 0이고, 반면에 코사인 함수는 거의 1이 된다.

첫번째 샘플(1)에 대한 코사인 및 사인 항은 다음과 같이 정의되어 표시된다.

$$X_C(1) = X_{C1} = \cos\left(\frac{2\pi}{N_{\text{sk}}}\right)$$

$$X_S(1) = X_{S1} = \sin\left(\frac{2\pi}{N_{\text{sk}}}\right)$$

어떠한 샘플 번호 i 에 대하여, 코사인 및 사인 항은 다음과 같이 정의되고 표시된다.

$$X_C(i) = X_{Ci} = \cos\left(\frac{2\pi}{N_{\text{sk}}}i\right)$$

$$X_S(i) = X_{Si} = \sin\left(\frac{2\pi}{N_{\text{sk}}}i\right)$$

수학식 24, 25에서 항등식을 사용하면, 제2샘플에 대한 코사인 및 사인 항은 다음과 같이 표현된다.

$$X_{c2} = \cos\left(\frac{4\pi}{N_{sk}}\right) = 2X_c^2(1) - 1$$

$$X_{s2} = \sin\left(\frac{4\pi}{N_{sk}}\right) = 2X_c(1)X_s(1)$$

$$X_{c3} = \cos\left(\frac{6\pi}{N_{sk}}\right) = 4X_c^3(1) - 3X_c(1)$$

$$X_{s3} = \sin\left(\frac{6\pi}{N_{sk}}\right) = 3X_s(1) - 4X_s^3(1)$$

높은 샘플 수에 대한 코사인 및 사인 항은 항등식을 이용하여 구해진다.

$$\begin{Bmatrix} X_{c(n+1)} \\ X_{s(n+1)} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} X_{c(1)} & -X_{s(1)} \\ X_{s(1)} & X_{c(1)} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} X_{c(n)} \\ X_{s(n)} \end{Bmatrix}$$

$i=1,2,3,\dots$, 그리고, $n=1,2,3,\dots$ 이며,

$$\begin{Bmatrix} X_{c(0)} \\ X_{s(0)} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} M \\ 0 \end{Bmatrix}$$

이다.

M 은 $\cos(0)$ 의 값으로 1이다. 일 실시 예로서, 14 비트 수로 코사인 및 사인 항들을 표현한다. 이러한 실시 예에서, M 은 16,384로 설정한다. 이는 어떠한 비트의 수를 갖는 수로 코사인 및 사인 항을 표현하는데 사용되어진다는 것으로 이해된다.

시크의 시작에 있어서, 초기 사인 및 코사인 파라미터들은 메모리로부터 읽어낸다. 높은 차수 항(예를 들어 $i=2, i=3$)들의 초기 값들은 수학식 31-34 또는 수학식 35를 이용하여 계산되어 진다. 비교적 높은 차수 샘플(예를 들어 $n=2,3,\dots$)들에 대한 사인 및 코사인 항들은 업 데이팅된다. 이러한 높은 차수 샘플들의 사인 및 코사인 항들의 업 데이팅은 곱셈, 덧셈 및 뺄셈을 포함하는데, 이는 디지털 신호 프로세서 또는 다른 마이크로프로세서를 이용하여 간단히 계산된다.

2개의 예들은 본 발명의 일반 푸리에 시크 방법 및 장치의 장점을 보여주기에 제시되었다.

첫번째 예에서, 2항 일반 푸리에 시크 방법이 이용되어 지고, 두번째 예에서는 3항 일반 푸리에 시크 방법이 이용되어 진다. 2항 방법에서, 단일의 조율된 계수 F_0 는 최적의 성능을 위하여 선택된다. 3항 방법에서, 2개의 조율된 계수 F_0 및 F_1 는 최적의 성능을 위하여 선택된다. 일 실시 예로서, 계수들은 실험적으로 선택된다. 이들 조율된 계수들을 표 1에 나타내었다

(표 1)

	F_0	F_1
2항 설계	0.3750	N/A
3항 설계	0.6204	0.1974

표 2는 표 1에 나타난 조율된 계수들을 근거로 한 다른 파라미터 값을 보여준다.

(표 2)

	2항 설계	3항 설계
α	1.1395	1.2031
β	1.1870	1.2917

γ	1.0417	1.0737
$2\alpha\gamma$	2.3739	2.5835
$1/\sqrt{\beta}$	0.9179	0.8799

도 5a-5c는 조율된 계수 F_s 에 대하여 0.3750을 이용한 2항 일반 푸리에 시크 방법의 가속도, 속도 및 위치 궤적들의 그래프를 보여준다. 도 5d에 도시된 바와 같이, 2항 일반 푸리에 시크 방법은 빠른 진류 상승 및 하강 시간을 제공하며, 최상위 및 최하위 포인트에서 진동없이 평평함을 유지한다.

도 6a-6c는 표 1에 있는 조율된 계수를 이용한 3항 일반 푸리에 시크 방법의 가속도, 속도 및 위치 궤적들을 보여준다. 도 6A에 도시된 바와 같이, 3항 일반 푸리에 시크 방법은 보다 빠른 상승 및 하강 시간을 제공한다. 2항 및 3항 방법에 대한 궤적들은 뛰어난 서보 제어를 위하여 매우 평탄하다.

최적의 목적을 달성하기 위하여, 가속 및 감속 지속 구간의 비가 1이 아닌 궤적들을 제공하는 것이 유리하다. 가속, 코오스트, 감속 모드에 대한 (샘플에서) 시크 시간 및 비 코오스트 모드에 대한 시크 시간은 N_{SK}^A , N_{SK}^C , N_{SK}^D 및 N_{SK}^M 으로 표시된다. 추가적으로, 가속, 코오스트, 감속 모드에 대한 (샘플에서)

시크 길이 및 비 코오스트 모드에 대한 시크 길이는 X_{SK}^A , X_{SK}^C , X_{SK}^D 및 X_{SK}^M 으로 표시된다. 새로운 기수법을 이용하면, 다음과 같은 관계로 명확해진다.

$$N_{SK} = N_{SK}^A + N_{SK}^C + N_{SK}^D + N_{SK}^M + N_{SK}^S$$

$$X_{SK} = X_{SK}^A + X_{SK}^C + X_{SK}^D + X_{SK}^M + X_{SK}^S$$

다음 방정식들의 전개는 사인 파형의 1/2 주기만 사용한다. 다음에 있어서 변수 ξ 는 비 코오스트 시크 기간에서 가속 모드의 비를 표시한다. 그래서 $1-\xi$ 는 감속 모드의 비를 표시한다. ξ 가 0.5인 경우에 다음 방정식들은 이전의 대칭 방정식으로 감소된다. 변수 δ 는 감속 모드에 대한 가속 모드의 지속 구간 비를 표현하도록 도입되었으며, 다음과 같이 표현된다.

$$\delta = \frac{\xi}{1-\xi}$$

가속 모드에 대한 시크 궤적은 다음과 같다.

$$a(n) = \frac{n X_{ACC}}{\gamma (N_{SK}^A)^{1/2} T_s} \left[\sin\left(\frac{\pi}{N_{SK}^A} n\right) + \frac{F_3}{3} \sin\left(\frac{\pi}{N_{SK}^A} 3n\right) + \frac{F_5}{5} \sin\left(\frac{\pi}{N_{SK}^A} 5n\right) \right]$$

$$n < N_{SK}^A$$

$$v(n) = \frac{X_{ACC}}{\gamma N_{SK}^A T_s} \left[\left[1 - \cos\left(\frac{\pi n}{N_{SK}^A}\right) \right] + \frac{F_3}{3^2} \left[1 - \cos\left(\frac{\pi}{N_{SK}^A} 3n\right) \right] + \dots \right. \\ \left. \frac{F_5}{5^2} \left[1 - \cos\left(\frac{\pi}{N_{SK}^A} 5n\right) \right] \right]$$

$$x(n) = \frac{X_{ACC}}{\gamma^2 N_{SK}^A} (X_{1n} + X_{2n} + X_{3n})$$

여기에서, X_{1n} , X_{2n} , X_{3n} 은 다음과 같다.

$$X_{1n} = n - \frac{N_{SK}^A}{\pi} \sin\left(\frac{\pi n}{N_{SK}^A}\right)$$

$$X_{2n} = \frac{F_3}{3^2} \left[n \cdot \frac{N_{SK}^A}{3\pi} \sin \left\{ \frac{\pi}{N_{SK}^A} 3n \right\} \right]$$

$$X_{3n} = \frac{F_3}{5^2} \left[n \cdot \frac{N_{SK}^A}{5\pi} \sin \left\{ \frac{\pi}{N_{SK}^A} 5n \right\} \right]$$

코오스트 모드에 대한 계적들은 다음과 같다.

$$a(n) = 0$$

$$v(n) = V_{MAX}$$

$$x(n) = X_{ACC} + V_{MAX} T_B (n - N_{SK}^A)$$

여기에서, $(N_{SK}^A < n < N_{SK}^A + N_{SK}^C)$

감속 모드에 대한 시크 계적들은 다음과 같다.

$$a(n) = \frac{n \cdot 0}{\gamma} \left[\frac{X_{ACC}}{(N_{SK}^A)^{2-\frac{2}{\gamma}} T_B} \right] (A_{1n} + A_{2n} + A_{3n})$$

여기에서,

$$A_{1n} = \sin \left[\frac{\pi}{N_{SK}^D} (n - N_{SK}^A - N_{SK}^C) \right]$$

$$A_{2n} = \frac{F_3}{3} \sin \left[\frac{3\pi}{N_{SK}^D} (n - N_{SK}^A - N_{SK}^C) \right]$$

$$A_{3n} = \frac{F_3}{5} \sin \left[\frac{5\pi}{N_{SK}^D} (n - N_{SK}^A - N_{SK}^C) \right]$$

$$v(n) = \frac{1}{\gamma} \frac{X_{ACC}}{N_{SK}^A T_B} (2\gamma - V_{1n} - V_{2n} - V_{3n})$$

$$V_{1n} = 1 - \cos \left[\frac{\pi}{N_{SK}^D} (n - N_{SK}^A - N_{SK}^C) \right]$$

$$V_{2n} = \frac{F_3}{3^2} \left\{ 1 - \cos \left[\frac{3\pi}{N_{SK}^D} (n - N_{SK}^A - N_{SK}^C) \right] \right\}$$

$$V_{3n} = \frac{F_3}{5^2} \left\{ 1 - \cos \left[\frac{5\pi}{N_{SK}^D} (n - N_{SK}^A - N_{SK}^C) \right] \right\}$$

그리고, 위치 계적은 다음과 같다.

$$x(n) = X_{ACC} + X_{CBT} + \frac{X_{ACC}}{\gamma N_{SK}^A} (X_{1n} + X_{2n} + X_{3n})$$

여기에서,

$$X_{1n} = (n - N_{SK}^A - N_{SK}^C) \frac{N_{SK}^D}{\pi} \sin \left[\frac{\pi}{N_{SK}^D} (n - N_{SK}^A - N_{SK}^C) \right]$$

$$X_{2n} - \frac{F_3}{3^2} \left\{ (n - N_{SK}^A - N_{SK}^C) - \frac{N_{SK}^D}{3^2} \sin \left[\frac{3\pi}{N_{SK}^D} (n - N_{SK}^A - N_{SK}^C) \right] \right\}$$

$$X_{2n} - \frac{F_3}{5^2} \left\{ (n - N_{SK}^A - N_{SK}^C) - \frac{N_{SK}^D}{5^2} \sin \left[\frac{5\pi}{N_{SK}^D} (n - N_{SK}^A - N_{SK}^C) \right] \right\}$$

여기에서, $(N_{SK}^A + N_{SK}^C < n < N_{SK}^D)$

시크를 위한 다음의 경계 조건들은 자동적으로 만족된다.

$$a(N_{SK}^A + N_{SK}^C) = 0$$

$$a(N_{SK}^D) = 0$$

$$v(N_{SK}^A + N_{SK}^C) = \frac{2X_{ACC}}{N_{SK}^A T_B}$$

$$v(N_{SK}^D) = 0$$

$$x(N_{SK}^A + N_{SK}^C) = X_{ACC} + X_{CON}$$

$$x(N_{SK}^D) = X_{ACC} + X_{CON} + X_{DRD}$$

확장된 모델은 가속 모드 또는 감속 모드에 대하여 1/2 싸이클을 사용하기 때문에, 시크 시간과 시크 길 이간의 관계는 다음과 같다.

$$2X_{SK}^A = \frac{\beta}{2\pi} K_T I_{ACC} (2T_{SK}^A)^2$$

$$2X_{SK}^D = \frac{\beta}{2\pi} K_T I_{DRD} (2T_{SK}^D)^2$$

시크 길이는 $X_{SK} = X_{SK}^A + X_{SK}^D$ 를 만족해야 하므로 결합된 시크 시간(코오스트 모드 제외)은 다음과 같다.

$$T_{SK} = \frac{1}{\sqrt{2\beta}} \sqrt{\frac{2\pi X_{SK}}{\beta K_T I_{ACC}}}$$

이 방정식은 만일 가속 및 감속 모드간의 지속 구간 비가 1이 아니면, 시크 시간은 변화될 것이라는 것을 암시하고 있다.

표 3은 전형적인 비교 테이블이다.

(표 3)

ξ	$1/\sqrt{2\xi}$
0.30	1.2910
0.35	1.1952
0.40	1.1180
0.45	1.0541
0.50	1.0000
0.55	0.9535
0.60	0.9129

감속 지속 구간에 대한 가속 지속 구간의 비는 다음과 같이 정확하게 최대 가속 전류에 대한 최대 감속 구간의 비로 제공될 수 있다.

$$\delta = \frac{I_{DRD}}{I_{ACC}}$$

수학적식 39와 함께 수학적식 51은 비교적 긴 가속(감속) 지속 구간, 비교적 작은 최대 가속(감속) 전류 및 다른 공사를 나타낸다.

도 7a-7c는 α 가 0.45를 갖는 확장된 알고리즘을 이용한 2항 일반 푸리에 시크 방법의 가속도, 속도 및 위치 궤적들의 그래프를 보여준다. 시크 시간은 이동 시간과 안정 시간으로 구성되는데, 이 도해는 5.4% 느린 이동 시간을 산출한다.

일반적으로 $\alpha < 0.5$ 를 사용하는 이유는 안정 시간을 개선하기 위함이다. 이동 시간 대 안정 시간의 문제는 전형적으로 중요한 설계 요인이다.

본 발명은 조율된 계수들을 갖는 일반 푸리에 시크 방법을 이용하는 궤적으로 변환기를 이동시키는 시크 루틴 및 원하는 경로로 변환기를 이동시키기 위하여 입력 전류를 정확하게 하는 서보 제어를 제공한다.

본 발명은 방법, 장치, 시스템 등으로서 실행될 수 있다. 소프트웨어로 실행될 때, 본 발명의 구성 수단들은 필요한 경우로 필요한 작업을 실행하는 코드 세그먼트들이다. 프로그램 또는 코드 세그먼트들은 프로세서 판독 가능 매체에 저장되어 질 수 있으며 또는 전송 매체 또는 통신 망에서 반송파와 결합된 컴퓨터 데이터 신호에 의하여 전송될 수 있다. 프로세서 판독 가능 매체는 정보를 저장 또는 전송할 수 있는 어떠한 매체도 포함한다. 프로세서 판독 가능 매체의 예로는 전자 회로, 반도체 메모리 소자, ROM, 플래쉬 메모리, 이레이저블 ROM(Erasable ROM), 플로피 디스크, 광 디스크, 하드 디스크, 광 섬유 매체, 무선 주파수(RF) 망, 등이 있다. 컴퓨터 데이터 신호는 전자 망 채널, 광 채널, 공기, 전자기, RF 망, 등과 같은 전송 매체 위로 전파될 수 있는 어떠한 신호도 포함된다.

첨부된 도면에 도시되어 설명된 특정한 실시 예들은 단지 본 발명의 예로서 이해되어 지고, 본 발명의 범위를 한정하는 것이 아니며, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 본 발명에 기술된 기술적 사상의 범위에서 또 다양한 다른 변형이 발생할 수 있으므로, 본 발명은 보여지거나 기술된 특정한 구성 및 배열로 제한되지 않는 것은 자명하다.

발명의 효과

상술한 바와 같이, 본 발명에 의하면 하드 디스크 드라이브의 변환기가 일반 푸리에 급수 시크 가속도 궤적을 갖도록 설계함으로써, 하드 디스크 드라이브의 향상된 성능 및 견실한 하드 디스크 드라이브 서보에 카니즘을 제공하여 결과적으로 시크 시간을 단축시키는 효과가 발생되며, 또한 하드 디스크 드라이브는 외란의 영향을 보다 적게 받고, 시크 실행에 의하여 발생하는 청각적인 노이즈가 줄어들게 하는 효과가 발생된다. 특히, 시크 모드에서 가속 및 감속 지속 지속 구간을 다르게 하면 기계적인 구성요소들의 전류 진동을 감소시키는데 보다 적합하여 시크 시간을 보다 줄일 수 있는 효과가 발생된다.

(57) 청구의 범위

청구항 1

표면을 갖는 디스크;

상기 디스크를 회전시키는 스피ن들 모터;

상기 디스크에 정보를 기록하고 상기 디스크로부터 정보를 읽어낼 수 있는 변환기;

상기 변환기를 상기 디스크의 표면을 가로질러 이동시킬 수 있는 액츄에이터 암; 및

적어도 2항을 갖는 일반 푸리에 급수 시크 가속도 궤적을 이용하여 상기 변환기를 상기 디스크 표면을 가로질러 이동시키도록 상기 액츄에이터를 제어하는 컨트롤러를 포함함을 특징으로 하는 하드 디스크 드라이브.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 일반 푸리에 급수 시크 가속도 궤적은 실험적으로 결정된 적어도 하나의 조율된 계수를 포함함을 특징으로 하는 하드 디스크 드라이브.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 컨트롤러는 조율된 계수를 갖는 2항 일반 푸리에 급수 가속도 궤적을 이용하여 상기 변환기를 상기 디스크 표면을 가로질러 이동시키도록 상기 액츄에이터 암을 제어함을 특징으로 하는 하드 디스크 드라이브.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 컨트롤러는 2개의 조율된 계수를 갖는 3항 일반 푸리에 급수 가속도 궤적을 이용하여 상기 변환기를 상기 디스크 표면을 가로질러 이동시키도록 상기 액츄에이터 암을 제어함을 특징으로 하는 하드 디스크 드라이브.

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 컨트롤러는 디지털 신호 프로세서임을 특징으로 하는 하드 디스크 드라이브.

청구항 6

제5항에 있어서, 상기 디지털 신호 프로세서는 선형 보간 알고리즘에 따라서 상기 액츄에이터 암을 제어함을 특징으로 하는 하드 디스크 드라이브.

청구항 7

제1항에 있어서, 상기 콘트롤러는 상기 변환기의 실제 위치를 결정하고, 상기 변환기의 설계 위치를 계산하고, 상기 실제 위치와 설계 위치의 함수인 상기 변환기의 움직임을 변환시키는데 이용되는 위치 정정 값을 발생시키는 서보 루틴을 실행시킴을 특징으로 하는 하드 디스크 드라이브.

청구항 8

제7항에 있어서, 상기 서보 루틴은 상기 변환기의 실제 속도를 결정하고, 상기 변환기의 설계 속도를 계산하고, 상기 위치 정정 값, 상기 설계 속도 및 상기 실제 속도의 함수인 상기 변환기의 움직임을 변환시키는데 이용되는 속도 정정 값을 발생시키는 서보 루틴을 실행시킴을 특징으로 하는 하드 디스크 드라이브.

청구항 9

제8항에 있어서, 상기 서보 루틴은 상기 변환기의 실제 가속도를 결정하고, 상기 변환기의 설계 가속도를 계산하고, 상기 속도 정정 값, 상기 설계 가속도 및 상기 실제 가속도의 함수인 상기 변환기의 움직임을 변환시키는데 이용되는 가속도 정정 값을 발생시키는 서보 루틴을 실행시킴을 특징으로 하는 하드 디스크 드라이브.

청구항 10

제9항에 있어서, 상기 가속도 정정 값은 또한 피드포워드 제어 루프에서 제공되는 피드 포워드 가속도 값의 함수임을 특징으로 하는 하드 디스크 드라이브.

청구항 11

제9항에 있어서, 상기 설계 위치, 상기 설계 속도 및 상기 설계 가속도는 반복적인 사인파 발생 알고리즘으로부터 계산됨을 특징으로 하는 하드 디스크 드라이브.

청구항 12

제1항에 있어서, 상기 궤적은 상기 변환기가 0(zero)의 가속도를 갖는 구간을 포함함을 특징으로 하는 하드 디스크 드라이브.

청구항 13

제1항에 있어서, 상기 일반 푸리에 급수 시크 가속도 궤적은 가속 지속 구간과 감속 지속 구간이 같지 않은 가속 지속 구간과 감속 지속 구간을 갖는 것을 특징으로 하는 하드 디스크 드라이브.

청구항 14

제7항에 있어서, 상기 위치 정정 값은 비례적인 플러스 적분 제어 알고리즘의 함수임을 특징으로 하는 하드 디스크 드라이브.

청구항 15

제8항에 있어서, 상기 속도 정정 값은 비례적인 플러스 적분 제어 알고리즘의 함수임을 특징으로 하는 하드 디스크 드라이브.

청구항 16

하나 또는 그 이상의 조율된 계수들을 갖는 일반 푸리에 급수 시크 가속도 궤적에 따라서 변환기를 디스크 표면을 가로질러 이동시킴을 특징으로 하는 디스크의 표면을 가로지르는 변환기를 이동시키는 방법.

청구항 17

제16항에 있어서, 상기 변환기의 이동은 실험적으로 결정된 하나 또는 그 이상의 조율된 계수를 갖는 상기 일반 푸리에 급수 시크 가속도 궤적에 따라서 상기 변환기를 디스크 표면을 가로질러 이동시킴을 특징으로 하는 디스크의 표면을 가로지르는 변환기를 이동시키는 방법.

청구항 18

제16항에 있어서, 상기 변환기의 이동은 조율된 계수를 갖는 2항 일반 푸리에 급수 시크 궤적에 따라서 상기 변환기를 디스크 표면을 가로질러 이동시킴을 특징으로 하는 디스크의 표면을 가로지르는 변환기를 이동시키는 방법.

청구항 19

제16항에 있어서, 상기 변환기의 이동은 2개의 조율된 계수를 갖는 3항 일반 푸리에 급수 시크 궤적에 따라서 상기 변환기를 디스크 표면을 가로질러 이동시킴을 특징으로 하는 디스크의 표면을 가로지르는 변환기를 이동시키는 방법.

청구항 20

제16항에 있어서, 변환기의 설계 위치를 계산하고, 변환기의 실제 위치를 결정하고, 설계 위치 및 실제 위치로부터 위치 정정 값을 계산하고, 위치 정정 값으로 변환기의 움직임을 변경시키는 과정을 더 포함함을 특징으로 하는 디스크의 표면을 가로지르는 변환기를 이동시키는 방법.

청구항 21

제20항에 있어서, 변환기의 설계 속도를 계산하고, 변환기의 실제 속도를 결정하고, 설계 속도, 실제 속도 및 위치 정정 값으로부터 속도 정정 값을 계산하고, 속도 정정 값으로 변환기의 움직임을 변경시키는 과정을 더 포함함을 특징으로 하는 디스크의 표면을 가로지르는 변환기를 이동시키는 방법.

청구항 22

제21항에 있어서, 변환기의 설계 가속도를 계산하고, 변환기의 실제 가속도를 결정하고, 설계 가속도, 실제 가속도 및 속도 정정 값으로부터 가속도 정정 값을 계산하고, 가속도 정정 값으로 변환기의 움직임을 변경시키는 과정을 더 포함함을 특징으로 하는 디스크의 표면을 가로지르는 변환기를 이동시키는 방법.

청구항 23

제22항에 있어서, 상기 설계 가속도, 설계 속도 및 설계 위치는 어떠한 시크 길이에 대한 선형 보간 알고리즘으로 계산됨을 특징으로 하는 디스크의 표면을 가로지르는 변환기를 이동시키는 방법.

청구항 24

제16항에 있어서, 상기 일반 푸리에 급수 시크 가속도 궤적은 상기 변환기가 0(zero)의 가속도를 갖는 구간을 포함함을 특징으로 하는 디스크의 표면을 가로지르는 변환기를 이동시키는 방법.

청구항 25

제16항에 있어서, 상기 일반 푸리에 급수 시크 가속도 궤적은 가속 지속 구간과 감속 지속 구간이 같지 않은 가속 지속 구간과 감속 지속 구간을 갖는 것을 특징으로 하는 디스크의 표면을 가로지르는 변환기를 이동시키는 방법.

청구항 26

적어도 2개의 함수를 갖는 일반 푸리에 급수 시크 가속도 궤적에 따라서 상기 변환기를 디스크 표면을 가로질러 이동시키기 위하여 상기 변환기에 결합된 액추에이터 암을 여기시키도록 구현된 컴퓨터 프로그램 코드를 갖는 컴퓨터 판독 가능 매체를 포함함을 특징으로 하는 컴퓨터 프로그램 제품.

청구항 27

제26항에 있어서, 상기 액추에이터 암을 여기시키는 상기 컴퓨터 판독 가능 프로그램 코드는 실험적으로 결정된 적어도 하나의 조율된 계수를 갖는 상기 일반 푸리에 급수 시크 가속도 궤적에 따라서 변환기를 디스크 표면을 가로질러 이동시키기 위하여 변환기에 결합된 상기 액추에이터 암을 여기시키는 컴퓨터 판독 가능 프로그램 코드를 포함함을 특징으로 하는 컴퓨터 프로그램 제품.

청구항 28

제26항에 있어서, 상기 액추에이터 암을 여기시키는 상기 컴퓨터 판독 가능 프로그램 코드는 조율된 계수를 갖는 2-함수 일반 푸리에 급수 시크 가속도 궤적에 따라서 변환기를 디스크 표면을 가로질러 이동시키기 위하여 변환기에 결합된 상기 액추에이터 암을 여기시키는 컴퓨터 판독 가능 프로그램 코드를 포함함을 특징으로 하는 컴퓨터 프로그램 제품.

청구항 29

제26항에 있어서, 상기 액추에이터 암을 여기시키는 상기 컴퓨터 판독 가능 프로그램 코드는 2개의 조율된 계수를 갖는 3-함수 일반 푸리에 급수 시크 가속도 궤적에 따라서 변환기를 디스크 표면을 가로질러 이동시키기 위하여 변환기에 결합된 상기 액추에이터 암을 여기시키는 컴퓨터 판독 가능 프로그램 코드를 포함함을 특징으로 하는 컴퓨터 프로그램 제품.

청구항 30

제26항에 있어서, 변환기의 설계 위치를 계산하고, 변환기의 실제 위치를 결정하고, 설계 및 실제 위치로부터 위치 정정 값을 계산하고, 상기 위치 정정 값으로 변환기의 움직임을 변환시키는 상기 컴퓨터 판독 가능 프로그램 코드를 더 포함함을 특징으로 하는 컴퓨터 프로그램 제품.

청구항 31

제30항에 있어서, 변환기의 설계 속도를 계산하고, 변환기의 실제 속도를 결정하고, 설계 속도, 실제 속도 및 위치 정정 값으로부터 속도 정정 값을 계산하고, 상기 속도 정정 값으로 변환기의 움직임을 변환시키는 상기 컴퓨터 판독 가능 프로그램 코드를 더 포함함을 특징으로 하는 컴퓨터 프로그램 제품.

청구항 32

제31항에 있어서, 변환기의 설계 가속도를 계산하고, 변환기의 실제 가속도를 결정하고, 설계 가속도, 실제 가속도 및 속도 정정 값으로부터 가속도 정정 값을 계산하고, 상기 가속도 정정 값으로 변환기의 움직임을 변환시키는 상기 컴퓨터 판독 가능 프로그램 코드를 더 포함함을 특징으로 하는 컴퓨터 프로그램 제품.

청구항 33

변환기를 디스크 표면을 가로질러 이동시키는 단계;

상기 변환기의 설계 위치를 계산하는 단계;

상기 변환기의 실제 위치를 결정하는 단계;

상기 설계 위치 및 실제 위치의 함수로 위치 정정 값을 생성시키는 단계;
 상기 변환기의 설계 속도를 계산하는 단계;
 상기 변환기의 실제 속도를 계산하는 단계;
 상기 설계 속도 및 실제 속도의 함수로 속도 정정 값을 생성시키는 단계;
 하나 또는 그 이상의 조율된 계수들을 포함하는 일반 푸리에 급수 시크 가속도 계적을 이용하여 상기 변환기의 설계 가속도를 계산하는 단계;
 상기 변환기의 실제 가속도를 결정하는 단계;
 상기 실제 가속도 값의 함수로 피드포워드 가속도 값을 생성시키는 단계;
 상기 속도 정정 값, 피드포워드 가속도 값 및 설계 가속도의 함수로 가속도 정정 값을 생성시키는 단계;
 및
 상기 가속도 정정 값의 생성에 응답하여 상기 변환기의 움직임을 변화시키는 단계를 포함함을 특징으로 하는 디스크 표면을 가로질러 변환기를 이동시키는 방법.

청구항 34

제33항에 있어서, 상기 변환기의 설계 가속도를 계산하는 단계는 실험적으로 결정된 하나 또는 그 이상의 조율된 계수들을 포함하는 일반 푸리에 급수 시크 가속도 계적을 이용하여 변환기의 설계 가속도를 계산함을 특징으로 하는 디스크 표면을 가로질러 변환기를 이동시키는 방법.

청구항 35

제33항에 있어서, 상기 설계 가속도 계산 단계는 조율된 계수를 포함하는 2항 일반 푸리에 급수 시크 가속도 계적을 이용하여 변환기의 설계 가속도를 계산함을 특징으로 하는 디스크 표면을 가로질러 변환기를 이동시키는 방법.

청구항 36

제33항에 있어서, 상기 설계 가속도 계산 단계는 2개의 조율된 계수를 포함하는 3항 일반 푸리에 급수 시크 가속도 계적을 이용하여 변환기의 설계 가속도를 계산함을 특징으로 하는 디스크 표면을 가로질러 변환기를 이동시키는 방법.

청구항 37

제33항에 있어서, 상기 위치 정정 값 및 속도 정정 값은 비례적인 플러스 적분 제어 알고리즘으로 계산됨을 특징으로 하는 디스크 표면을 가로질러 변환기를 이동시키는 방법.

청구항 38

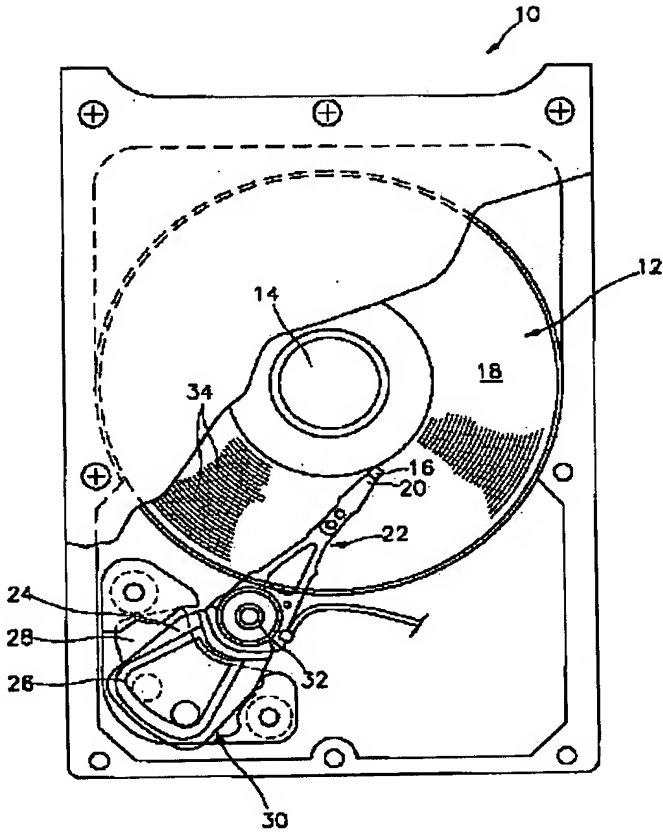
제33항에 있어서, 상기 설계 가속도, 설계 속도 및 설계 위치는 반복적인 사인파 발생 알고리즘으로 계산됨을 특징으로 하는 디스크 표면을 가로질러 변환기를 이동시키는 방법.

청구항 39

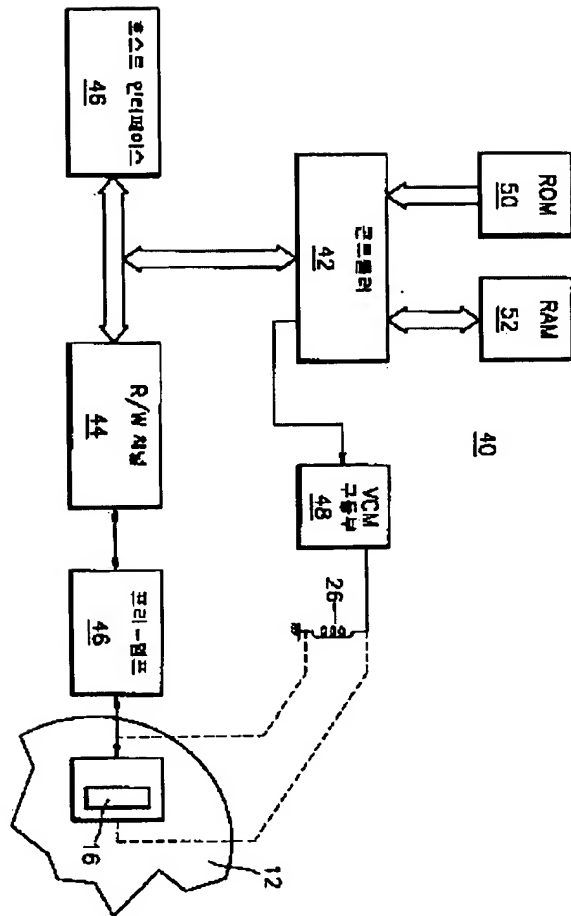
제33항에 있어서, 상기 설계 가속도, 설계 속도 및 설계 위치는 선형 보간 알고리즘으로 계산됨을 특징으로 하는 디스크 표면을 가로질러 변환기를 이동시키는 방법.

도면

도면 1

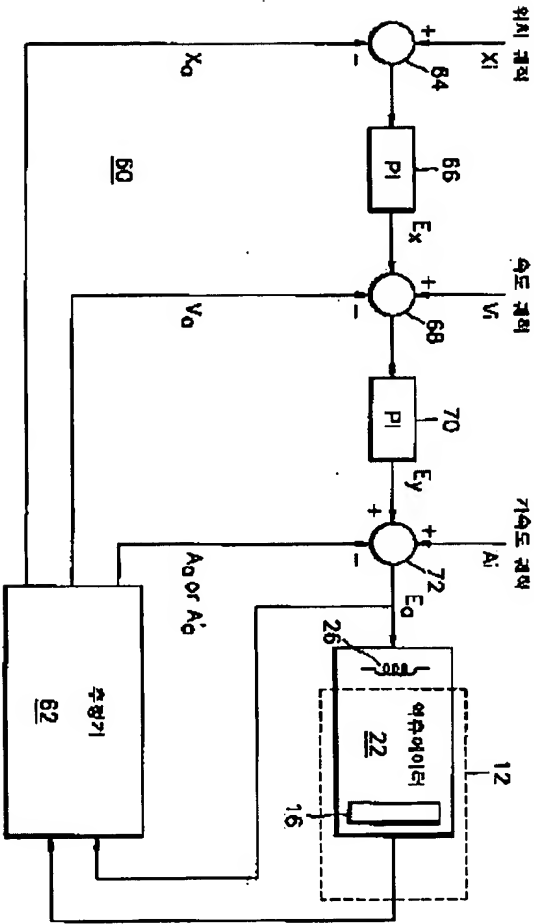


도 2

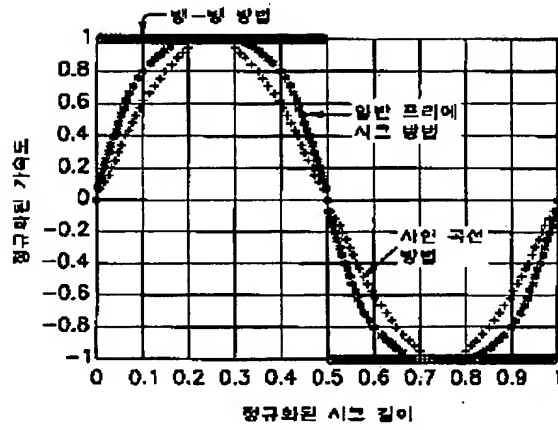


[첨부그림 18]

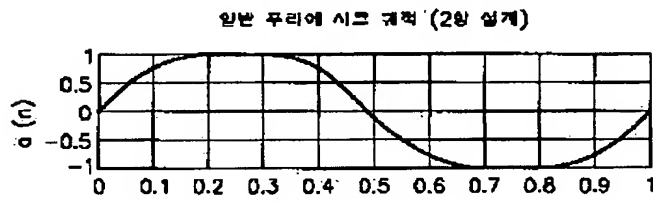
도면3



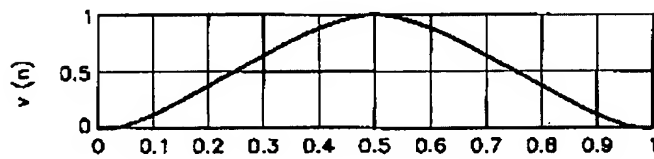
도면4



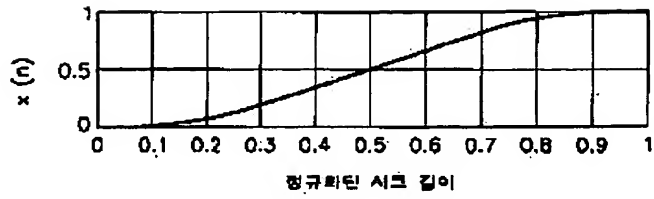
도면5a



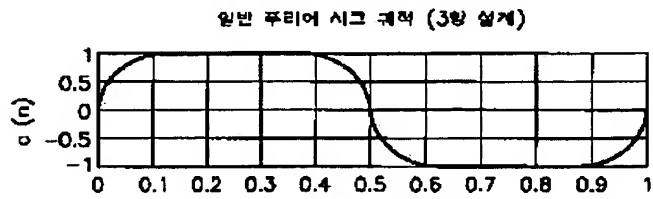
도면5b



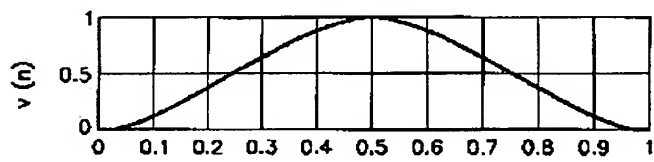
도면5a



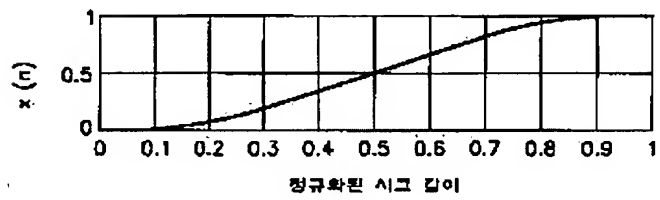
도면6a



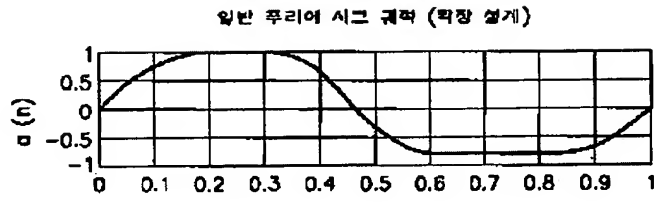
도면6b



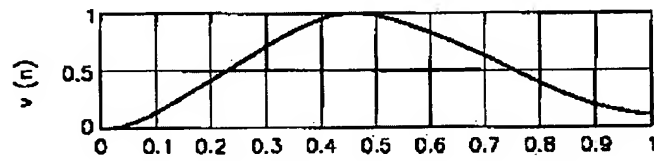
도면6c



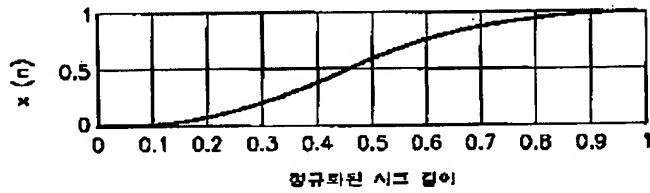
도면7a



도면7b



도면7c



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.